Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 3, Fall 2023, p. 769-786

Effects of Foliar Application of Calcium Chloride and Potassium Sulfate on Physical and Biochemical Properties of Jujube Fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.)

M.A. Ahmadi[1], S. Daghighi[2], F. Azarmi-Atajan[3*], H. Bayat[4]

Received: 08-11-2022 Revised: 05-02-2023 Accepted: 08-02-2023 Available Online: 08-02-2023	**How to cite this article:** Ahmadi, M.A., Daghighi, S., Azarmi-Atajan, F., & Bayat, H. (2023). Effects of foliar application of calcium chloride and potassium sulfate on physical and biochemical properties of jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.). *Journal of Horticultural Science, 37*(3), 769-786. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2023.79367.1204

Introduction

Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) as one of the invaluable medicinal plants, is widely used in the pharmaceutical industry due to its vitamins, mucilage, antioxidants, alkaloids and phenolic compounds. South Khorasan province is the most important area of jujube fruit production in Iran. Optimum supply of nutrients in fruit trees can increase fruit quality. Calcium is one of the most important elements that can affect quantity, quality, storability and marketability of many horticultural crops. Due to the relatively high amount of lime in the agricultural soils of South Khorasan province, the amount of calcium in these soils is almost high. However, due to low mobility of calcium from soil to plant, calcium deficiency is common in horticultural plants. Also, potassium is required for cellular osmotic and ionic balances, electrochemical processes, neutralization of organic acids, regulation of stomatal function, cell division, enzyme activation, protein synthesis, as well as the synthesis and translocation of sugars. Foliar spraying is an effective way to supply nutrients needed by plants, especially in calcareous soils with high pH. In this method, nutrients are directly available to different parts of the plant in a short period of time. Studies have shown that leaf feeding with calcium and potassium can be useful for increasing the qualitative characteristics of fruit in most products, especially in arid and semi-arid regions. Nevertheless, little information is available regarding the foliar application of this element on jujube plant. Hence, the current research was aimed to investigate the effects of foliar application of calcium chloride and potassium sulfate on physicochemical properties and quality of fresh jujube fruit.

Materials and Methods

In order to investigate the effect of foliar application of calcium chloride and potassium sulfate on the physical and biochemical properties of the fruit of the jujube plant, two separate factorial experiment was conducted in the form of a randomized complete block design in three replications in two areas of Siojan and Mazhan, Khosef city in 2022. Experimental treatments included calcium chloride (0, 0.5 and 1%) and potassium sulfate (0, 0.1 and 0.3%). Fresh fruit was harvested at a crisp mature (white-red) stage mid in August. Data were analysed using SAS software (ver. 9.4) and comparison of means was made with LSD test at 1 and 5% probability.

Results and Discussion

The results of analysis of variance showed that calcium chloride foliar application in Siojan garden had significant effect on the physical and biochemical characteristics of jujube fruit. So that the highest fresh weight (4.07 gr), dry weight (1.89 gr), length (29.11 mm), diameter (21.52 mm) and texture firmness (18.81 N/cm^2) of

1, 2 and 4- Graduated M.Sc. Student, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Horticultural Science, Agricultural Collage, University of Birjand, Birjand, Iran, respectively.
3- Assistant Professor, Department of Soil Science, Agricultural Collage, University of Birjand, Birjand, Iran
(*- Corresponding Author Email: farhadazarmi@birjand.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jhs.2023.79367.1204

fruit were obtained from the level of 0.5% calcium chloride. Also, the foliar spraying treatment with 0.5% calcium chloride had the highest amount of carotenoid and total phenol in the fruit. The highest amount of calcium and potassium in the fruit was obtained from the level of 1% calcium chloride. The effect of foliar application of calcium chloride on physical and biochemical properties of jujube fruit in Mazhan garden was significant. In Mazhan garden, the highest fresh weight (3.9 gr), dry weight (1.37 gr), length (28.41 mm), diameter (20.91 mm) and texture firmness (18.61 N/cm^2) of fruit were obtained from foliar application of 0.5% calcium chloride. The highest amount of carotenoids (0.443 mg/100 g of fresh weight) and phenol (9.53 mg of gallic acid per 100 g of fresh weight) in Mazhan garden was obtained from the level of 0.5% calcium chloride. The content of calcium and potassium of jujube fruit in Mazhan region was maximized with the application of 1% calcium chloride. The results showed that the application of potassium sulfate in Siojan garden had an significant effect on the physical and biochemical characteristics of the fruit. The highest fresh weight (3.63 gr) and dry fruit weight (1.89 gr), length and diameter and texture firmness of fruit was obtained from the level of 0.3% potassium sulfate. Also, the highest amount of biochemical indices of jujube fruit in Siojan garden was obtained from the level of 0.3% potassium sulfate. The interaction effect of foliar application of calcium chloride and potassium sulfate on fresh and dry fruit weight, fruit length and carotenoids of fruit in Siojan garden was significant. In Mazhan garden, the fresh and dry weight of fruit, amount of carotenoids and total phenol of fruit were affected by the interaction effect of experimental treatments, and the highest level of these characteristics was obtained from the level of 0.5% calcium chloride and 0.3% potassium sulfate.

Conclusion

The results of foliar spraying of calcium chloride and potassium sulfate in both studied orchards showed that these treatments, both solely and in combination, had a positive and significant effect on various characteristics of jujube fruit. So the highest physical and biochemical characteristics of the fruit were obtained from the simultaneous application of 0.5% calcium chloride and 0.3% potassium sulfate. Therefore, Based on the results of this research, foliar spraying 0.5% calcium chloride and 0.3% potassium sulfate can have an effective role in increasing the quantity and quality of jujube fruit.

Keywords: Foliar nutrition, Nutrients, Quality, Yield

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۳، پاییز ۱٤۰۲، ص. ۷۸٦-۷٦۹

تأثیر محلول‌پاشی کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم بر خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی میوه عناب (*Ziziphus jujuba* Mill.)

محمد علی احمدی[۱]– سعید دقیقی[۲]– فرهاد آذرمی آتاجان[۳*]– حسن بیات[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۹

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم بر خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی میوه عناب دو آزمایش جداگانه (در دو منطقه سیوجان و ماژان) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شهرستان خوسف استان خراسان جنوبی در سال ۱۴۰۱ انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل کلرید کلسیم (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد) و سولفات پتاسیم (صفر، ۰/۱ و ۰/۳ درصد) بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که محلول‌پاشی کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم در باغ سیوجان و ماژان بر خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی میوه عناب معنی‌دار بود. در باغ سیوجان بیشترین وزن تر (۴/۰۷ گرم) و خشک میوه (۱/۸۹ گرم)، طول (۲۹/۱۱ میلی‌متر) و قطر (۲۱/۵۲ میلی‌متر) میوه و سفتی بافت (۱۸/۸۱ نیوتون بر سانتی‌متر مربع) در سطح ۰/۵ درصد کلرید کلسیم به‌دست آمد. همچنین تیمار محلول‌پاشی ۰/۵ درصد کلرید کلسیم در باغ سیوجان دارای بالاترین میزان کارتنوئید (۰/۴۷۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) و فنول کل (۱۰/۶۶ میلی‌گرم اسیدگالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر) میوه بود. در باغ سیوجان بیشترین میزان کلسیم و پتاسیم میوه در سطح ۱ درصد کلرید کلسیم به‌دست آمد. در باغ ماژان بیشترین وزن تر (۳/۹ گرم) و خشک میوه (۱/۳۷ گرم)، طول و قطر میوه و سفتی بافت از محلول‌پاشی ۰/۵ درصد کلرید کلسیم به‌دست آمد. بالاترین میزان کارتنوئید (۰/۴۴۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) و فنول میوه (۹/۵۳ میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر) در باغ ماژان در سطح ۰/۵ درصد کلرید کلسیم به‌دست آمد. بیشترین محتوی کلسیم و پتاسیم میوه باغ ماژان در تیمار ۱ درصد کلرید کلسیم حاصل شد. در باغ سیوجان بالاترین وزن تر (۳/۶۳ گرم) و خشک میوه (۱/۸۹ گرم)، طول (۲۸/۴۱ میلی‌متر) و قطر (۲۰/۹۱ میلی‌متر) میوه و سفتی بافت (۱۸/۶۱ نیوتون بر سانتی‌متر مربع) در سطح ۰/۳ درصد سولفات پتاسیم به‌دست آمد. بالاترین میزان شاخص‌های بیوشیمیایی میوه عناب در باغ سیوجان از سطح ۰/۳ درصد سولفات پتاسیم به‌دست آمد. اثر متقابل محلول‌پاشی کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم بر وزن تر و خشک میوه، طول میوه و کارتنوئید میوه باغ سیوجان معنی‌دار بود. در باغ ماژان نیز صفات وزن تر و خشک میوه، میزان کارتنوئید و فنول کل میوه تحت تأثیر اثر متقابل تیمارهای آزمایشی قرار گرفت و بیشترین میزان این صفات در سطح ۰/۵ درصد کلرید کلسیم و ۰/۳ درصد سولفات پتاسیم به‌دست آمد. بر اساس نتایج این تحقیق، محلول‌پاشی ۰/۵ درصد کلرید کلسیم و ۰/۳ درصد سولفات پتاسیم به‌عنوان مؤثرترین تیمارها در این آزمایش، می‌تواند نقش مؤثری در افزایش کمیت و کیفیت میوه عناب داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: تغذیه برگی، عملکرد، عناصر غذایی، کیفیت

۱، ۲ و ۴- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۳- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: farhadazarmi@birjand.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/jhs.2023.79367.1204

مقدمه

عناب با نام علمی *Ziziphus jujuba* Mill. یکـی از گونـه‌هـای گیاهی خانواده کُنار (Rhamnaceae) است که اصالتاً بومی چین است که به‌طور وسیعی در اقصی نقاط جهان از جمله اروپا، جنـوب و شـرق آسیا و استرالیا گسترش یافته است. تاکنون بیش از ۷۰۰ گونـه عنـاب در چین معرفی شده است و این کشور با سطحی معـادل ۱/۵ میلیـون هکتار بزرگترین تولید کننده عناب در جهـان اسـت (Ghous *et al*., 2019). ایران نیز با سطح زیـر کشـت ۳۶۲۱ هکتـار و تولیـد سـالانه ۵۴۶۰ تن عناب خشک (Ebrahimi *et al*., 2022) به‌عنوان سومین کشور تولید کننده عناب در جهان پس از چین و کره جنـوبی شـناخته می‌شود. عنـاب بـه‌دلیـل اسـتقامت و سـازگاری فـوق‌العـاده در برابـر خشکسالی و همچنین خاک بی‌ثمر و شور، در سرزمین‌های حاشـیه‌ای خشک و نیمه‌خشک اهمیت فزاینده‌ای پیـدا کـرده اسـت (Liu and Wang, 2019).

استفاده از عناصر غذایی و مدیریت بهینه تغذیه گیـاه در راسـتای افزایش کمیت و کیفیت محصول و بهبـود متابولیـت‌هـای ثانویـه در گیاهان امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است (Bravdo *et al*., 2000). تغذیه در دوران رشد میوه یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر خصوصیات میوه است (Rajpal *et al*., 2002). به‌دلیل این‌کـه بخش زیادی از خاک‌هـای ایران، به‌خصوص مناطق پرورش عناب، آهکی است، تولید محصول زیاد در این خاک‌ها به‌دلیل pH بالا و کمبود عناصر غذایی و مواد آلی همواره با مشکل همراه بوده است. در این خاک‌ها به‌علت وجود pH قلیایی و غلظت بالای یون کلسیم، بعضی از عناصر غذایی که قابلیت جذب توسط pH کنترل می‌شود، بـه‌صـورت ترکیباتی غیر محلول و غیر قابل استفاده برای گیاه در مـی‌آینـد. از طرفی در خـاک هـای آهکی مقدار زیادی یون بی‌کربنات تولید مـی‌شـود که این یون ضمن افزایش pH خاک باعث کاهش قابلیت جذب عناصر غـــذایی می‌گردد (Ramazanian *et al*., 2009).

محلول‌پاشی برگی روشی مهم جهت بهبود و ارتقا عملکرد کمی و کیفی درختان میوه مـی‌باشـد که عناصر غذایی را مستقیماً و در اسرع وقت در اختیار شاخه و برگ یا میوه قرار می‌دهد (Restrepo *et al*., Hassan *et al*., 2010;2008). برخی از اندام‌های گیاه مانند میوه‌ها بیشتر از کل گیاه به مواد مغذی مانند کلسیم و پتاسیم نیاز دارند. یا در اوایل بهار، زمانی که ریشه‌ها به‌دلیل دمای پایین خاک هنوز قـادر بـه جذب مواد غذایی نیستند، محلول‌پاشی حیاتی است (Fernandez *et al*., 2013). کلسیم عنصر مهمی است که نقش کلیـدی در سـاختار دیواره سلولی و غشای سلولی و رشد و توسعه و کیفیت عمومی میوه‌ها دارد (Moradinezhad *et al*., 2018). کلسیم سبب افـزایش مـواد جامد محلول و افزایش شـیرینی و کیفیـت تـازه‌خـوری میـوه عنـاب می‌شـود (Mao *et al*., 2014). عـلاوه بـر آن گـزارش شـده کـه بیشترین میزان درصد آنتی‌اکسیدان، ویتـامین ث و آنتوسـیانین میـوه عناب از محلول‌پاشی کلرید کلسیم به‌دست آمده اسـت (Ghesmati *et al*., 2017). آشوری و همکاران (Ashoori *et al*., 2013) نشـان دادند که وزن میوه سیب رقم ″دلیشـس″ تحـت تـأثیر محلـول‌پاشـی کلرید کلسیم افزایش یافت.

یکی دیگر از عناصرغذایی مهم و پرمصرف پتاسیم می‌باشد که در رشد، متابولیسم، فعالیت آنـــزیم‌هـــا، سنتز پروتیئن، فتوسنتز، تنظیم اسمزی، حرکات روزنه‌ای، بهبود کیفیت میوه‌ها، مقاومت به تنش‌هـا و تنظیم وضعیت آبی درختان مؤثر است (Wang *et al*., 2013). محلول‌پاشی سولفات پتاسیم ۰/۱ درصد تا ۰/۳ درصد از زمان فنـدقی شدن میوه تا ابتدای نیمه قرمزی شدن میوه عناب اسـتفاده مـی‌شـود (Liu, 2010). در تحقیقی بر روی زیتون نشان داده شـد کـه کـاربرد برگی سولفات پتاسیم، میزان ماده خشک گوشت میـوه را افـزایش داد (Zivdar, 2015). سایر محققین نیز اثبات نمودند کـه محلـول‌پاشـی برگی درختان میوه انجیر با سولفات پتاسیم، میزان فنـول و فلاونوئیـد میوه را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افـزایش داد (Gaaliche *et al*., 2019).

با وجود اثرات مثبت محلول‌پاشی قبل از برداشت کلسیم و پتاسیم در درختـان میـوه، تـاکنون در خصوص تـأثیر این عناصـر بر تغییرات فیزیکی و بیوشیمیایی عناب بومی ایران به‌خصوص در منـاطق عنـاب کاری کشور از جملـه استان خراسان‌جنـوبی گزارشی ارائه نشده است. لذا، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر محلول‌پاشـی کلریـد کلسـیم و سولفات پتاسیم بر خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی میوه عناب مـی-باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۴۰۱ در دو باغ سیوجان و ماژان (جدول ۱) از شهرستان خوسف در استان خراسان جنوبی روی درختـان ده سـاله عناب انجام شد. درختان عناب با فواصل ۳ × ۵ متر کاشت شده بودند. برای کاهش خطاهای آزمایش درختـانی کـه دارای قـدرت رویشـی یکسانی (دارای تاج و پوشش برابر) بودند برای اجرای طرح، شناسایی و انتخاب شدند. قبل از انجام آزمایش برای اطلاع دقیق‌تر از وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه خاک مرکب از عمق صفر تا ۴۰ و ۴۰ تا ۸۰ سانتی‌متری تهیه و برای انجام تجزیه شیمیایی بـه آزمایشـگاه منتقل شد (جدول ۲).

جدول ۱- مشخصات اقلیمی باغ‌ها
Table 1-Climatic parameters of gardens

شاخص Parameter	سیوجان Siojan مقدار Value	ماژان Mazhan مقدار Value
طول جغرافیایی Longitude	58⁰97'E	59⁰14'E
عرض جغرافیایی Latitude	32⁰87'N	32⁰34'N
ارتفاع از سطح دریا Elevation (meters above mean sea level) (m)	1371	1515
میانگین حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) (۱۴۰۰/۱۲/۰۱-۱۴۰۱/۰۵/۳۰) Average maximum temperature (c^0) (20/02/2022-21/08/2022)	32	33
میانگین حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) (۱۴۰۰/۱۲/۰۱-۱۴۰۱/۰۵/۳۰) Average minimum temperature (c^0) (20/02/2022-21/08/2022)	16	17
میانگین درصد رطوبت نسبی (درصد) (۱۴۰۰/۱۲/۰۱-۱۴۰۱/۰۵/۳۰) Average relative humidity (%) (20/02/2022-21/08/2022)	30	20
میانگین بارش سالیانه (میلی‌متر) (۱۴۰۰-۱۴۰۱) Average annual precipitation (mm) (2021-2022)	137.5	106.8

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های آزمایش
Table 2- Physical and chemical characteristics of soil in the experimental sites

عمق خاک Soil depth (cm)	بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	ماده آلی Organic matter (%)	اسیدیته pH	کلسیم Ca ($mg.l^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن N (%)
سیوجان-Siojan								
0 - 40	لومی شنی	9.57	0.58	7.7	22.1	280	8.02	0.029
40-80	لومی شنی	11.7	0.33	7.6	26.4	250	6.5	0.016
ماژان-Mazhan								
0 - 40	لومی شنی	2	0.42	8.4	5.45	270	7.9	0.021
40-80	لومی شنی	6.5	0.18	7.9	14.29	220	6.12	0.009

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل کلرید کلسیم در سه سطح (شاهد (آب مقطر)، ۰/۵ و ۱ درصد) و سولفات پتاسیم در سه سطح (شاهد (آب مقطر)، ۰/۱ و ۰/۳ درصد) به‌صورت محلول‌پاشی می‌باشند. با توجه به بررسی منابع و مقالات در مورد انتخاب میزان سطوح محلول‌پاشی کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم در درختان میوه که اکثراً میزان مصرف کلرید کلسیم را بین صفر تا ۱ و سولفات پتاسیم بین صفر تا ۰/۵ درصد قرار داده بودند و نتایج خوبی را در این زمینه به‌دست آوردند (Ghesmati *et al.*, 2017؛ Liu, 2010) لذا بر این اساس، در این پژوهش، سه سطح کلرید کلسیم (صفر، ۰/۵، ۱ درصد) و سه سطح سولفات پتاسیم (صفر، ۰/۱ و ۰/۳ درصد) برای عناب در نظر گرفته شد. کود سولفات پتاسیم (با خلوص ۹۹ درصد) مصرفی در این پژوهش از شرکت شیمیایی پارس اکسید ایران و کود کلرید کلسیم (با خلوص ۹۷ درصد) از شرکت OXY ایالات متحده آمریکا تهیه گردید.

برای به حداقل رساندن خطای آزمایش هر تکرار شامل سه درخت بوده است. به‌طور کلی ۲۷ درخت در هر بلوک و جمعاً ۸۱ درخت در هر یک از باغات انتخاب شدند. عملیات محلول‌پاشی کلریدکلسیم در

مرحله رشد اولیه میوه طی دو نوبت: نوبت نخست: در تاریخ ۱۴۰۱/۰۲/۲۶ (۲۰ روز بعد از مرحله تمام گل)، و نوبت دوم: در تاریخ ۱۴۰۱/۰۳/۱۵ (۴۰ روز بعد از مرحله تمام گل) انجام شد. عملیات محلول‌پاشی سولفات‌پتاسیم طی دو نوبت: نوبت نخست: در تاریخ ۱۴۰۱/۰۳/۲۵، همزمان با مرحله شروع تغییر رنگ میوه (۵۰ روز بعد از مرحله تمام گل)، و نوبت دوم: در تاریخ ۱۴۰۱/۰۴/۰۸، همزمان با مرحله اتمام رشد سریع میوه (۶۵ روز بعد از مرحله تمام گل) صورت پذیرفت. محلول‌پاشی درختان در شرایط هوای آرام قبل از غروب آفتاب و تا خیس شدن تمام سطح برگ انجام شد. نمونه‌گیری از میوه‌ها در تاریخ ۲۰ مرداد ماه ۱۴۰۱ و در مرحله رنگ‌گیری کامل از قسمت‌های مختلف هر درخت برداشت شدند. میوه‌ها پس از برداشت به آزمایشگاه منتقل و خصوصیات فیزیکی میوه شامل وزن تر و خشک، طول، قطر و سفتی بافت میوه و هم‌چنین ویژگی‌های شیمیایی شامل مواد جامد محلول، اسیدیته، فنول کل، کلسیم و پتاسیم میوه عناب اندازه‌گیری شد.

طول و قطر میوه توسط کولیس دیجیتالی (LINEAR, 49-923) و وزن تر میوه با ترازوی دیجیتالی (KB120-3N, Germany) با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری گردید و میانگین آنها جهت تعیین وزن تر، طول و قطر میوه محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، میوه‌های تازه در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند (Doleh *et al.*, 2010). سفتی میوه توسط دستگاه پنترومتر (FHT 200, Extech CO., USA) با نوک دو میلی‌متر انجام شد و بر حسب نیوتون بر سانتی‌متر مربع گزارش شد.

اندازه‌گیری مواد جامد محلول با استفاده از رفرکتومتر دستی (RF10, 0-32° Brix, Extech Co., USA) بر حسب درصد و درجه اسیدی آب میوه به وسیله دستگاه pH متر دیجیتالی (Metller Toledo, Switzerland) محاسبه شد. جهت تعیین کارتنوئید ۰/۵ گرم از میوه تازه را با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد مخلوط کرده و محلول حاصل به‌مدت ۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شده و جذب در طول موج‌های ۶۴۶/۸، ۶۶۳/۲ و ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Lichtenthaler, 1987) و بر حسب میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر بیان شد. میزان فنول کل میوه با استفاده از معرف فولین سیکالتو و به‌وسیله اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Chuah *et al.*, 2008) و بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر گزارش شد. میزان کلسیم به روش کمپلکسومتری (تیتراسیون) و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد و به صورت میلی‌گرم در لیتر بیان شد (Li *et al.*, 2007).

آنالیز آماری توسط نرم‌افزار آماری SAS 9.4 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

وزن تر و خشک میوه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس وزن تر و خشک میوه عناب در هر دو باغ سیوجان و ماژان به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر ساده کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم قرار گرفت (جدول ۳ و ۴). برهمکنش اثر کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم نیز در هر دو باغ بر صفات مذکور معنی‌دار بود (جدول ۳ و ۴). محلول‌پاشی ۰/۵ درصد کلرید کلسیم و ۰/۳ درصد سولفات پتاسیم سبب افزایش ۱۱۲ و ۱۰۶ درصدی وزن تر و خشک میوه در باغ سیوجان و افزایش ۱۰۹ و ۸۶ درصدی وزن تر و خشک میوه در باغ ماژان نسبت به شاهد شد (جدول ۷ و ۸).

طی تحقیقی توسط قسمتی و همکاران (Ghesmati *et al.*, 2017) گزارش شد محلول‌پاشی با نمک‌های کلرید کلسیم و نیترات کلسیم (۰/۵ و ۱ درصد) اثر معنی‌داری بر میانگین وزن میوه تازه عناب داشت و تمام تیمارها با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند. سایر محققین نیز افزایش وزن میوه عناب رقم بمباوی[1] و زیتونی[2] را در اثر محلول‌پاشی کلرید کلسیم گزارش کردند (Al-Yousuf and Al-Masudey, 2007). نقش کلرید کلسیم در اندازه میوه‌ها احتمالاً به‌دلیل انتقال کربوهیدرات‌ها از برگ به میوه و یا نقش آن در افزایش ریشه‌های موئین، تقسیم سلولی ریشه و مقاوم کردن ریشه به پوسیدگی باشد که باعث افزایش جذب مواد غذایی و آب از ریشه می شود (Rouhi *et al.*, 2015).

کاربرد برگی پتاسیم طی مرحله دوم و سوم رشد میوه زیتون سبب بهبود وزن تازه میوه شد (Inglese *et al.*, 2002). رسترپو و همکاران (Resterpo *et al.*, 2008) گزارش کردند نمک‌های پتاسیم (سولفات پتاسیم و کلرید پتاسیم) باعث افزایش اندازه میوه زیتون می‌شود.

اندازه میوه رابطه مستقیم با میزان محصول دارد و هر چه پتاسیم در برگ بیشتر باشد، افزایش اندازه میوه بیشتر خواهد بود (**Singh, 2002**).

طول و قطر میوه

با توجه به نتایج این آزمایش طول و قطر میوه عناب هر دو باغ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار محلول‌پاشی کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم قرار گرفت (جدول ۳ و ۴). اثر متقابل کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم بر طول میوه در باغ سیوجان معنی‌دار شد (جدول ۳).

1- Bambawi
2- Zaitooni

جدول ۳- تجزیه واریانس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه عناب تحت تأثیر کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم در باغ سیوجان

Table 3- Analysis of variance physical and chemical properties of jujube fruit under the effect of foliar application of calcium chloride and potassium sulfate in Siojan garden

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	وزن‌تر میوه Fresh weight (g)	وزن‌خشک میوه Dry weight (g)	طول میوه Fruit length (mm)	قطر میوه Fruit diameter (mm)	سفتی Firmness (N/cm ^{2})	مواد جامد محلول TSS (%)	درجه اسیدی	کارتنوئید Cartenoids (mg/100 g FW)	فنول کل Total phenol (mg galic acid /100 g FW)	کلسیم میوه Fruit calcium (mg/l)	پتاسیم میوه Fruit pottasium (mg/l)
تکرار Replication	2	0.426^{ns}	0.052^{ns}	23.7^{**}	8.99^{ns}	9.60^{*}	5.35^{*}	0.006^{ns}	0.004^{*}	2.01^{*}	0.522^{*}	0.902^{ns}
کلرید کلسیم $CaCl_2$ (%)	2	3.96^{**}	0.562^{**}	245^{**}	57.0^{**}	31.8^{**}	6.30^{*}	0.276^{*}	0.081^{**}	8.24^{**}	0.965^{**}	1.95^{**}
سولفات پتاسیم K_2SO_4 (%)	2	1.36^{**}	0.509^{**}	224^{**}	36.8^{**}	29.3^{**}	5.72^{*}	0.234^{*}	0.016^{**}	2.95^{**}	0.476^{*}	4.12^{**}
کلریدکلسیم×سولفات‌پتاسیم $CaCl_2$ (%)× K_2SO_4 (%)	4	0.443^{*}	0.100^{*}	7.06^{*}	0.630^{ns}	0.250^{ns}	0.044^{ns}	0.032^{ns}	0.003^{*}	0.080^{ns}	0.009^{ns}	0.026^{ns}
خطا Error	16	0.127	0.028	2.18	2.58	2.57	1.36	0.064	0.001	0.388	0.103	0.300
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)	-	10.61	10.14	6.35	8.48	9.52	7.37	3.96	8.31	6.40	13.19	5.60

ns، ** و * به ترتیب معرف غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشند.

*, ** and ns represent significant level of 1, 5% and non-significant difference, respectively.

جدول ٤- تجزیه واریانس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه عناب تحت تأثیر کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم در باغ ماژان

Table 4- Analysis of variance physical and chemical properties of jujube fruit under the effect of foliar application of calcium chloride and potassium sulfate in Mazhan garden

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	وزن‌تر میوه Fresh weight (g)	وزن‌خشک میوه Dry weight (g)	طول میوه Fruit length (mm)	قطر میوه Fruit diameter (mm)	سفتی Firmness (N/cm ^{2})	مواد جامد محلول TSS (%)	درجه اسیدی	کارتنوئید Cartenoids (mg/100 g FW)	فنول کل Total phenol (mg galic acid /100 g FW)	کلسیم میوه Fruit calcium (mg/l)	پتاسیم میوه Fruit pottasium (mg/l)
تکرار Replication	2	0.079^{ns}	0.002^{ns}	6.50^{ns}	6.90*	7.66**	28.4**	0.192^{ns}	0.002^{ns}	2.84**	0.125^{ns}	0.366^{ns}
کلرید کلسیم $CaCl_2$ (%)	2	2.75**	0.240**	137**	19.9**	26.8**	11.3**	0.998**	0.081**	12.9**	0.475**	2.94**
سولفات پتاسیم K_2SO_4 (%)	2	2.15**	0.214**	63.7**	17.2**	7.60**	0.247^{ns}	0.003^{ns}	0.016**	5.92**	0.34**	4.08**
کلریدکلسیم×سولفات‌پتاسیم $CaCl_2$ (%)× K_2SO_4 (%)	4	0.779*	0.059*	1.78^{ns}	0.760^{ns}	0.313^{ns}	0.029^{ns}	0.025^{ns}	0.003*	1.45*	0.005^{ns}	0.019^{ns}
خطا Error	16	0.243	0.016	3.66	1.64	1.18	0.815	0.148	0.0009	0.354	0.052	0.312
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)	-	14.74	10.68	9.28	6.86	6.76	9.00	5.77	8.44	7.10	9.97	6.05

ns، ** و * به ترتیب معرف غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشند.

*, ** and ns represent significant level of 1, 5% and non-significant difference, respectively.

جدول ۵- اثر محلول‌پاشی کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه عناب در باغ سیوجان

Table 5- Effect of foliar application calcium chloride and potassium sulfate on physical and chemical properties of jujube fruit in siojan garden

کلرید کلسیم $CaCl_2$ (%)	وزن تر Fresh weight (g)	وزن خشک Dry weight (g)	طول میوه Fruit length (mm)	قطر میوه Fruit diameter (mm)	سفتی Firmness (N/cm^2)	مواد جامد محلول TSS (%)	درجه اسیدی	کارتنوئید Cartenoids (mg/100 g FW)	فنول کل Total phenol (mg galic acid /100 g FW)	کلسیم میوه Fruit calcium (mg/l)	پتاسیم میوه Fruit pottasium (mg/l)
0	2.75 c	1.39 c	19.02 c	16.49 c	15.06 c	14.95 b	6.19 b	0.285 c	8.75 c	2.11 c	9.25 b
0.5	4.07 a	1.89 a	29.11 a	21.52 a	18.81 a	15.91 ab	6.49 a	0.473 a	10.66 a	2.43 b	9.94 a
1	3.26 b	1.68 b	21.72 b	18.79 b	16.71 b	16.62 a	6.49 a	0.407 b	9.75 b	2.76 a	10.14 a
سولفات پتاسیم K_2SO_4 (%)											
0	2.91 b	1.42 c	18.44 c	16.87 c	15 c	15.07 b	6.21 b	0.344 c	9.08 b	2.2 b	9.09 c
0.1	3.54 a	1.65 b	23 b	19.01 b	16.97 b	15.74 ab	6.43 ab	0.391 b	9.86 a	2.43 ab	9.78 b
0.3	3.63 a	1.89 a	28.41 a	20.91 a	18.61a	6.66 a	6.53 a	0.431 a	10.2 a	2.66 a	10.45 a

در هر ستون و در هر یک از تیمارهای کودی میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

In each column and in each of the fertilizer treatments means with the same letter are not significantly different at 5% probability level based on LSD.

جدول ٦- اثر محلول‌پاشی کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه عناب در باغ ماژان

Table 6- Effect of foliar application calcium chloride and potassium sulfate on physical and chemical properties of jujube fruit in Mazhan garden

کلرید کلسیم $CaCl_2$ (%)	وزن تر Fresh weight (g)	وزن خشک Dry weight (g)	طول میوه Fruit length (mm)	قطر میوه Fruit diameter (mm)	سفتی Firmness (N/cm^2)	مواد جامد محلول TSS (%)	درجه اسیدی	کارتنوئید Cartenoids (mg/100 g FW)	فنول کل Total phenol (mg galic acid /100 g FW)	کلسیم میوه Fruit calcium (mg/l)	پتاسیم میوه Fruit pottasium (mg/l)
0	2.79 c	1.05 c	16.75 c	17.11 b	14.26 c	13.87 c	6.29 b	0.255 c	7.14 c	2.07 b	8.67 b
0.5	3.9 a	1.37a	24.57 a	20.08 a	17.7 a	15.1 b	6.94 a	0.443 a	9.53 a	2.27 b	9.21 b
1	3.34 b	1.18 b	20.54 b	18.8 a	16.25 b	16.12 a	6.76 a	0.377 b	8.46 b	2.53 a	9.82 a
سولفات پتاسیم K_2SO_4 (%)											
0	2.82 b	1.04c	17.98 c	17.45 b	15.06 b	14.85 a	6.65 a	0.314 c	7.55 c	2.09 b	8.74 b
0.1	3.41 a	1.21 b	20.58 b	18.37 b	16.28 a	15.05 a	6.66 a	0.361 b	8.41 b	2.03 ab	8.96 b
0.3	3.79 a	1.35 a	23.3 a	20.17 a	16.86 a	15.18 a	6.68 a	0.401 a	9.17 a	2.48 a	10 a

در هر ستون و در هر یک از تیمارهای کودی میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

In each column and in each of the fertilizer treatments means with the same letter are not significantly different at 5% probability level based on LSD.

نتایج اثر متقابل نشان داد که بیشترین طول میوه (۳۵/۷۴ میلی‌متر) از محلول‌پاشی ۰/۵ درصد کلرید کلسیم و ۰/۳ درصد سولفات پتاسیم در باغ سیوجان و کمترین طول میوه (۱۵/۸۵ میلی‌متر) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۷).

بیشترین طول میوه (۲۴/۵۷ میلی‌متر) در باغ ماژان از محلول‌پاشی ۰/۵ درصد کلرید کلسیم به‌دست آمد (جدول ۶). محلول‌پاشی ۰/۳ درصد سولفات پتاسیم منجر به بیشترین طول میوه (۲۳/۳ میلی‌متر) در باغ ماژان شد (جدول ۶). بیشترین قطر میوه در باغ سیوجان و ماژان (به ترتیب، ۲۱/۵۲ و ۲۰/۰۸ میلی‌متر) از محلول‌پاشی ۰/۵ درصد کلرید کلسیم و کمترین قطر میوه در باغ سیوجان و ماژان (به ترتیب، ۱۶/۴۹ و ۱۷/۱۱ میلی‌متر) از تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) به‌دست آمد (جدول ۵ و ۶). نتایج مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی سولفات پتاسیم نشان داد که بیشترین قطر میوه در باغ سیوجان (۲۰/۹۱ میلی‌متر) و ماژان (۲۰/۱۷ میلی‌متر) مربوط به تیمار ۰/۳ درصد سولفات پتاسیم بود (جدول ۵ و ۶).

نتایج به‌دست آمده از این آزمایش با نتایج صلح جو (Solhjo, 2015) مطابقت دارد که بیان کرد محلول‌پاشی ۰/۲۵ درصد سولفات پتاسیم و ۰/۵ درصد کلرید کلسیم سبب افزایش طول میوه سبب نسبت به تیمار شاهد می‌شود. حجازی و همکاران (Hegazi et al., 2011) نیز گزارش نمودند که محلول‌پاشی برگی درختان میوه زیتون با پتاسیم، طول و قطر میوه را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. پتاسیم و کلسیم در فرآیند رشد میوه مؤثر هستند. پتاسیم از طریق تأثیر بر تقسیم سلولی و همچنین تأثیر بر مقدار تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی سبب افزایش اندازه و عملکرد میوه می‌شود (Lalonde *et al*., 2003). کلسیم از طریق افزایش تقسیم سلولی و جلوگیری از انتشار آب به خارج سلول باعث طویل شدن و رشد سلول می‌گردد و از این طریق می‌تواند باعث طویل شدن میوه شود (Marshner, 2012؛ Sharafzadeh *et al*., 2008) و حضور یون‌های سولفات و کلر با توجه به تأثیر آن‌ها در فرآیند فتوسنتز و ساخت پروتئین‌ها می‌توانند باعث بهبود و افزایش اثر پتاسیم و کلسیم در فرآیند رشد و نمو میوه گردند (Solhjo, 2015) که در نهایت منجر به افزایش طول میوه عناب می‌گردد.

سفتی بافت میوه

اثر ساده محلول‌پاشی کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم بر سفتی بافت میوه در هر دو باغ آزمایشی معنی‌دار شد (جدول ۳ و ۴). ملاحظه شد که بیشترین میزان سفتی بافت میوه در باغ سیوجان (۱۸/۸۱ نیوتون بر سانتی‌متر مربع) و ماژان (۱۷/۷ نیوتون بر سانتی‌متر مربع) مربوط به تیمار ۰/۵ درصد کلرید کلسیم و کمترین آن در باغ سیوجان (۱۵/۰۶ نیوتون بر سانتی‌متر مربع) و ماژان (۱۴/۲۶ نیوتون بر سانتی‌متر مربع) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۵ و ۶). تیمار ۰/۳ درصد سولفات پتاسیم در باغ سیوجان بیشترین میزان سفتی بافت میوه (۱۸/۶۱ نیوتون بر سانتی‌متر مربع) و تیمار شاهد کمترین میزان (۱۵ نیوتون بر سانتی‌متر مربع) صفت مذکور را داشت (جدول ۵). در باغ ماژان به‌ترتیب بیشترین (۱۶/۸۶ نیوتون بر سانتی‌متر مربع) و کمترین (۱۵/۰۶ نیوتون بر سانتی‌متر مربع) سفتی بافت میوه مربوط به تیمارهای ۰/۳ درصد سولفات پتاسیم و شاهد بود (جدول ۶).

طبق تحقیقات مختلف تأثیر مثبت کلرید کلسیم بر میزان سفتی بافت میوه گزارش گردیده است. نتایج آزمایش قسمتی و همکاران (Ghesmati *et al*., 2018) بیانگر اثر معنی‌دار محلول‌پاشی نمک‌های کلسیمی بر سفتی میوه عناب بود و بیشترین میزان سفتی بافت میوه از تیمار کلرید کلسیم ۰/۵ درصد حاصل شد. در آزمایشی دیگر نیز محلول‌پاشی کود کلسیم سبب افزایش سفتی بافت میوه عناب تازه شد (Zeraatgar *et al*., 2018). یوسفی و همکاران (Yousefi *et al*., 2015) گزارش کردند که محلول‌پاشی با کلسیم در مقدارها و زمان‌های مختلف قبل از برداشت محصول باعث افزایش سفتی بافت و ضخامت میوه زردآلوی رقم جهانگیری می‌شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که کاربرد قبل و پس از برداشت کلسیم در کند کردن فرآیند رسیدگی میوه، کاهش تنفس و افزایش سفتی میوه مؤثر است (Souty *et al*., 1995). مهم‌ترین نقش کلسیم، استحکام دیواره سلولی و حفظ انسجام و پایداری غشاء است. یون کلسیم از طریق تشکیل کمپلکس با دیواره سلولی، پکتین تیغه میانی در پایداری دیواره سلولی در افزایش سفتی و استحکام بافت مؤثر است (Fallahi *et al*., 1979). همچنین یون کلسیم با پیوند دادن فسفات‌ها و گروه‌های کربوکسیلات فسفولیپیدها و پروتئین‌های سطحی غشای یاخته سبب پایداری و انسجام غشاء می‌شود (Vissente *et al*., 2005).

در درختان انبه پتاسیم سفتی میوه را بهبود بخشید (Taha *et al*., 2014). اثر پتاسیم بر سفتی میوه پرتقال (Calvert and Smith, 1972) و گوجه فرنگی (Chapagain *et al*., 2003) نیز گزارش شده است که در تأیید این پژوهش می‌باشد. مکانیسم افزایش سفتی در اثر محلول‌پاشی پتاسیم مربوط به تغییرات فشار هیدرواستاتیک (تورگر) سلول می‌باشد (Lester *et al*., 2010). همچنین، پتاسیم باعث سهولت انتقال قندها به میوه و ساختن پکتین در دیواره سلولی می‌شود (Abdel-Hafeez *et al*., 2010).

مواد جامد محلول

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس، حاکی از تأثیر معنی‌دار اثر ساده کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم بر مواد جامد محلول میوه عناب باغ سیوجان است (جدول ۳). اثر ساده کلرید کلسیم بر میزان مواد جامد محلول میوه عناب در باغ ماژان تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۴) هر چند اثر ساده سولفات پتاسیم و اثر متقابل تیمارها معنی‌دار نشد

(جدول ۴). بیشترین مواد جامد محلول در باغ سیوجان (۱۶/۶۲ درصد) و ماژان (۱۶/۱۲ درصد) در تیمار ۱ درصد کلرید کلسیم به‌دست آمد و کمترین مواد جامد محلول در باغ سیوجان (۱۴/۹۵ درصد) و ماژان (۱۳/۸۷ درصد) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۵ و ۶). نتایج مقایسه میانگین اثر سولفات پتاسیم بر مواد جامد محلول در باغ سیوجان نشان داد که بیشترین (۱۶/۶۶ درصد) میزان مواد جامد محلول در تیمار ۰/۳ درصد و کمترین (۱۵/۰۷ درصد) مقدار در تیمار شاهد (صفر) به‌دست آمد (جدول ۵).

قسمتی و همکاران (Ghesmati *et al*., 2018) بیش‌ترین مواد جامد محلول میوه عناب را در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم ۱ و ۰/۵ درصد و کمترین میزان مواد جامد محلول در میوه‌های شاهد گزارش کردند. همچنین بیشترین مواد جامد محلول میوه سیب نیز از محلول‌پاشی ۰/۵ درصد کلرید کلسیم به‌دست آمد (Azadi Bougar and Gharaghani, 2017). کلسیم سبب افزایش مواد جامد محلول و افزایش شیرینی و کیفیت تازه خوری میوه عناب می‌شود (Mao *et al*., 2014). مهم‌ترین تغییر شیمیایی که در طول رشد و نمو میوه رخ می‌دهد، تغییر در محتوای مواد جامد محلول است. مواد جامد محلول از زمان تشکیل میوه[1] تا مرحله رسیدن، افزایش می‌یابد. این افزایش پس از مرحله بلوغ میوه بیشتر است (Azam *et al*., 2006). میزان مواد جامد محلول ارتباط مستقیمی با کارایی فتوسنتز و میزان مواد حاصل از فتوسنتز، انتقال قندها به آوندها و پارانشیم میوه دارد (Khoshghalb *et al*., 2013). بنابراین احتمالاً در اثر محلول‌پاشی کلرید کلسیم مقدار کلروفیل افزایش یافته و به تبع آن میزان فتوسنتز بیشتر شده و در نهایت منجر به تجمع مواد کربوهیدرات بیشتری در میوه شده که متعاقب آن سهم بیشتری از مواد آسیملاته به میوه می-رسد که به نوبه خود باعث افزایش غلظت مواد جامد محلول می‌شود (Salukha *et al*., 1974).

در تأیید نتایج این آزمایش سایر محققین نیز افزایش مواد جامد محلول در اثر پتاسیم در انار (Tehranifar and Mohammaditabar, 2009) و پرتقال (Hafez and El-Metwally, 2007) را گزارش کردند. علت افزایش میزان مواد جامد محلول در اثر پتاسیم می‌تواند به این دلیل باشدکه افزایش غلظت پتاسیم سرعت فتوسنتز را افزایش می‌دهد، همچنین پتاسیم با افزایش بارگیری آوند آبکش و بارگذاری قند می‌تواند باعث افزایش میزان مواد جامد محلول شود (Tehranifar and Mohammaditabar, 2009).

درجه اسیدی آب میوه

نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر ساده کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم ($p\leq0.05$) بر درجه اسیدی آب میوه عناب باغ سیوجان بود (جدول ۳). در باغ ماژان تنها اثر ساده کلرید کلسیم بر درجه اسیدی آب میوه معنی‌دار شد (جدول ۴). بیشترین درجه اسیدی آب میوه باغ سیوجان در تیمار ۱ و ۰/۵ درصد (۶/۴۹) کلرید کلسیم و کمترین (۶/۱۹) در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۵). حداکثر درجه اسیدی آب میوه در باغ سیوجان (۶/۵۳) از سطح ۰/۳ درصد سولفات پتاسیم و کمترین درجه اسیدی (۶/۲۱) در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۵). در باغ ماژان بالاترین درجه اسیدی آب میوه به میزان ۶/۹۴ در تیمار ۰/۵ درصد کلرید کلسیم حاصل شد که با تیمار ۱ درصد اختلاف معنی‌دار آماری نداشت (جدول ۶).

pH شیره سلولی در پی شکستن درشت مولکول‌ها نظیر قندها، پروتئین‌ها و آزاد شدن اسیدهای آمینه افزایش می‌یابد. در طی رسیدن میوه کنار[2] یک کاهش در میزان اسیدیته و به دنبال آن افزایش pH در پالپ میوه رخ می‌دهد (Azam *et al*., 2006). تأثیر کلرید کلسیم بر میزان pH میوه انار در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد به‌طوری‌که باعث کاهش میزان pH در میوه‌ها شد. کلسیم باعث کاهش تولید اتیلن، کاهش تنفس و در نتیجه تعویق در پیری گیاه، رسیدن میوه، دوام فسفولیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه در گیاه می‌شود و در نتیجه بلوغ و رسیدن میوه را به تأخیر می‌اندازد. لذا به‌نظر می‌رسد، کلسیم با به تأخیر انداختن فرآیندها و مکانیزم‌هایی که در مرحله رسیدن میوه اتفاق می افتد، باعث جلوگیری از افزایش اسیدیته میوه می‌شود (Rouhi *et al*., 2015) که با نتایج آزمایش ما مطابقت ندارد.

نوجوان (Nojavan, 2015) در نتایجی مشابه در انگور گزارش کرد که بیشترین pH مربوط به تیمار ۱۰ گرم بر لیتر سولفات پتاسیم و ۲ گرم بر لیتر سولفات روی و کمترین pH مربوط به تیمار شاهد بود. همچنین گزارش شده است که افزایش پتاسیم pH را افزایش می‌دهد و سطوح اسید قابل تیتراسیون را در انگور رقم کنکورد کاهش می‌دهد (Morris *et al*., 1983). گزارشی نیز وجود دارد که پتاسیم انتقال قند را درون میوه انگور افزایش می‌دهد و با کاهش اسید قابل تیتراسیون منجر به افزایش pH می‌شود و اثبات شده است که ورود پتاسیم زیاد به درون میوه تشکیل بیکربنات پتاسیم را افزایش می‌دهد و از این طریق هم منجر به افزایش pH می‌شود (Delgado *et al*., 2006).

کارتنوئید

اثر ساده کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم ($p\leq0.01$) همچنین اثر متقابل تیمارها ($p\leq0.05$) بر میزان کارتنوئید میوه در هر دو باغ مورد مطالعه معنی‌دار شد (جدول ۳ و ۴). بالاترین میزان کارتنوئید میوه در باغ سیوجان (۰/۵۲۳ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تازه) و ماژان (۰/۴۹۳

1- Fruit Set

2- *Ziziphus spina-christi*

میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تازه) در تیمار ۰/۵ درصد کلرید کلسیم و ۰/۳ درصد سولفات پتاسیم و کمترین میزان کارتنوئید میوه در باغ سیوجان (۰/۲۰۳ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تازه) و ماژان (۰/۱۷۳ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تازه) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۷ و ۸).

قسمتی و همکاران (Ghesmati *et al*., 2018) با بررسی اثر محلول‌پاشی کلریدکلسیم بر عناب به این نتیجه رسیدند که محلول‌پاشی با غلظت ۰/۵ درصد کلریدکلسیم باعث افزایش میزان کارتنوئید میوه شد. گزارش شده است که، محلول‌پاشی با ترکیبات کلسیمی دو هفته قبل از برداشت پرتقال باعث افزایش میزان کارتنوئید میوه می‌شود (Barry and Van Wyk, 2004). علاوه بر آن، افزایش محتوای کارتنوئید گوجه فرنگی تحت تأثیر کلرید کلسیم توسط محققین گزارش شده است (Kazemi, 2014). کارتنوئید و کلروفیل از جمله رنگیزه‌های فتوسنتزی هستند که رنگ میوه را تشکیل می‌دهند. به نظر می‌رسد که ترکیبات کلسیمی باعث تخریب کلروفیل و افزایش سنتز کارتنوئید می‌شود، در واقع کلسیم با تأثیر مثبت در مسیر سنتز بتاکاروتن میزان کارتنوئید میوه را افزایش می‌دهد (Singh *et al*., 2012; Barry and Roux, 2010).

نتایج خسروی مشیزی و سرچشمه‌پور (Khosravi, Meshizi and Sarcheshmehpour, 2015) بر روی طالبی نشان داد که مخلوط کلسیم و پتاسیم توانست باعث افزایش معنی‌دار میزان کارتنوئید میوه گردد و محلول‌پاشی بوته‌ها با ترکیب کلسیم و پتاسیم ۱ و ۲ در هزار مقدار کارتنوئید را به‌ترتیب ۴۷ و ۸۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. برخی محققین نیز افزایش مقدار بتاکاروتن میوه را از محلول‌پاشی پتاسیم گزارش دادند (Jifon and Lester, 2007).

فنول کل

با توجه به نتایج این آزمایش اثر ساده کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم ($p\leq0.01$) بر فنول کل میوه عناب باغ سیوجان معنی‌دار شد (جدول ۳). فنول کل میوه عناب در باغ ماژان تحت تأثیر اثر ساده کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم ($p\leq0.01$) و اثر متقابل تیمارها ($p\leq0.05$) قرار گرفت (جدول ۴). بررسی مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی کلرید کلسیم بر فنول کل میوه در باغ سیوجان نشان داد، بیشترین فنول کل باغ سیوجان (۱۰/۶۶ میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر) در تیمار ۰/۵ درصد کلرید کلسیم و کمترین میزان فنول کل (۸/۷۵ میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر) در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۵). با افزایش سطح سولفات پتاسیم در باغ سیوجان بر میزان فنول کل افزوده شد به‌طوری‌که بیشترین میزان آن در تیمار ۰/۳ درصد به‌دست آمد که با سطح ۰/۱ درصد اختلاف معنی‌دار آماری نداشت (جدول ۵). مصرف ۰/۵ درصد کلرید کلسیم و ۰/۳ درصد سولفات پتاسیم در باغ ماژان منجر به بیشترین میزان فنول کل (۱۰/۹۹ میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر) شد و کمترین میزان فنول کل (۵/۹۰ میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر) در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۸).

کلسیم با تأثیر بر آنزیم کلیدی فنیل‌آلانین آمونیالیاز باعث سنتز ترکیبات فنولی می‌شود. همچنین کلسیم با تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی‌فنول اکسیداز باعث اکسیداسیون ترکیبات فعلی می شود. واکنش‌های آنزیمی به غلظت کلسیم وابسته بوده و بر مقدار تجمع ترکیبات فنولی تأثیر گذار هستند (Teixeira *et al*., 2006). در همین ارتباط نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که محلول‌پاشی کلرید کلسیم سبب افزایش مقدار ترکیبات فنولی در عناب (Ghesmati *et al*., 2018)، سیب رقم "رویال دلیشز" (Sharma *et al*., 2013)، شلیل رقم "رد گلد" (Khalili and Naseri, 2016) و انار (Ramezanian *et al*., 2009) می‌شود.

در مورد علت افزایش ترکیبات فنولی تحت تیمار پتاسیم می‌توان گفت که پتاسیم رشد گیاه را افزایش داده و در نتیجه باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی می‌شود و به‌علت تخصیص کربن اضافی به مسیر اسید شیکمیک موجب افزایش ترکیبات فنولی می‌شود (Nguyen *et al*., 2010)، از طرف دیگر ثابت شده است که پتاسیم با افزایش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز که آنزیم کلیدی در مسیر فنیل پروپانوئید است میزان ترکیبات فنولی را افزایش می‌دهد (Soares *et al*., 2005). نتایج حاصل از این پژوهش با پژوهش‌های پیشین مبنی بر افزایش میزان ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدان کل در اثر تیمار پتاسیم در زیتون (Inglese *et al*., 1996)، توت فرنگی (Anttonen *et al*., 2006) و انگور (Mohammed *et al*., 1993؛ Nojavan, 2015؛ Zangeneh and Rasouli, 2017) همسو است.

کلسیم و پتاسیم میوه

نتایج نشان داد که، با مصرف کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم میزان کلسیم و پتاسیم میوه عناب هر دو باغ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، اگرچه اثر متقابل تیمارها بر میزان کلسیم و پتاسیم میوه تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳ و ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد، که بالاترین میزان کلسیم در باغ سیوجان (۲/۷۶ میلی‌گرم در لیتر) و ماژان (۲/ میلی‌گرم در لیتر) از سطح ۱ درصد کلرید کلسیم و کمترین میزان کلسیم در باغ سیوجان (۲/۱۱ میلی‌گرم در لیتر) و ماژان (۲/۰۷ میلی‌گرم در لیتر) از تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۵ و ۶). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بالاترین میزان کلسیم میوه در باغ سیوجان و ماژان (به ترتیب، ۲/۶۶ و ۲/۴۸ میلی‌گرم در لیتر) از سطح ۰/۳ درصد سولفات پتاسیم و کمترین میزان این شاخص در باغ سیوجان و ماژان (به ترتیب، ۲/۲ و ۲/۰۹ میلی‌گرم در لیتر) در تیمار

شاهد مشاهده شد (جدول ۵ و ۶).

با افزایش سطح مصرف کلرید کلسیم بر میزان پتاسیم میوه افزوده شد به‌طوری‌که در هر دو باغ سیوجان و ماژان بیشترین میزان این صفت از تیمار ۱ درصد به‌دست آمد امّا در باغ سیوجان بین سطح ۱ و ۰/۵ درصد اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت (جدول ۵ و ۶). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان پتاسیم میوه در هر دو باغ آزمایشی از مصرف ۰/۳ درصد سولفات پتاسیم به‌دست آمد (جدول ۵ و ۶).

تأثیر مثبت محلول‌پاشی کلرید کلسیم بر افزایش کلسیم در عناب گزارش شده است و بیشترین میزان کلسیم در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم ۱ درصد گزارش کردند (Ghesmati *et al*., 2018). علاوه بر آن گزارش شده که درختان عناب محلول‌پاشی شده با نمک های کلسیمی مقدار وزن میوه، پروتئین، ویتامین ث و محتوای کلسیم بیشتری نسبت به شاهد داشتند (Al-Yousif and Al-Masudey, 2007). انتقال کلسیم در داخل گیاه از فضای آپوپلاستی انجام شده و لذا بسیار کند و به شدت وابسته به تعرق است و در رقابت بین میوه و برگ برای جذب کلسیم، برگ‌ها به‌علت تعرق بیشتر، کلسیم بیشتری جذب نموده و از انتقال آن به میوه ممانعت می‌کنند. از این رو محلول-پاشی کلسیم روی میوه منجر به افزایش بیشتر کلسیم در میوه‌ها، نسبت به استفاده کود به‌صورت خاکی می‌باشد (Wojcik *et al*., 2014). از آنجایی که عنصر پتاسیم نقش اساسی در باز و بسته شدن روزنه‌های ایفا می‌کند (Wang *et al*., 2013). به نظر می‌رسد کاربرد پتاسیم از طریق افزایش هدایت روزنه‌ها و افزایش تعرق سبب افزایش جذب آب و در نهایت افزایش مقدار کلسیم می‌شود. محلول‌پاشی قبل از برداشت کلسیم باعث افزایش میزان پتاسیم میوه می‌شود (Kadir, 2005 ;Moor *et al*., 2006). زیودار (Zivdar, 2015) بیشترین میزان پتاسیم میوه را در تیمار محلول‌پاشی سولفات پتاسیم ۱ گرم در لیتر در میوه زیتون رقم میشن اعلام کرد. کاربرد برگی سولفات پتاسیم موجب افزایش غلظت پتاسیم در انگور رقم بیدانه (Sarikhani and Pouya, 2014) و سیب (Solhjo, 2015) شد که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد.

جدول ۷- اثر متقابل محلول‌پاشی کلرید کلسیم × سولفات پتاسیم بر خصوصیات میوه عناب در باغ سیوجان

Table 7- The interaction effect of the calcium chloride ×potassium sulfate foliar application on the properties of jujube fruit in Siojan garden

کلرید کلسیم $CaCl_2$ (%)	سولفات پتاسیم K_2SO_4 (%)	وزن تر Fresh weight (g)	وزن‌خشک Dry weight (g)	طول میوه Fruit Length (mm)	کارتنوئید Cartenoid (mg.100 g^{-1} FW)
0	0	2.24^{d}	1.09^{e}	15.85^{d}	0.203^{f}
	0.1	2.97^{c}	1.34^{de}	18.10^{d}	0.316^{e}
	0.3	3.06^{c}	1.74^{bc}	23.10^{c}	0.336^{de}
0.5	0	3.38^{c}	1.54^{cd}	23.02^{c}	0.423^{bc}
	0.1	4.07^{b}	1.87^{b}	28.56^{b}	0.473^{ab}
	0.3	4.75^{a}	2.25^{a}	35.74^{a}	0.523^{a}
1	0	3.12^{c}	1.62^{bcd}	16.44^{d}	0.406^{c}
	0.1	3.58b^{c}	1.73^{bc}	22.36^{c}	383^{cd}
	0.3	3.07^{c}	1.69^{bc}	26.38^{b}	0.433^{bc}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

In each column means with the same letter are not significantly different at 5% of probability level based on LSD.

جدول ۸- اثر متقابل محلول‌پاشی کلرید کلسیم × سولفات پتاسیم بر خصوصیات میوه عناب در باغ ماژان

Table 8- The interaction effect of the calcium chloride ×potassium sulfate foliar application on the properties of jujube fruit in Mazhan garden

کلرید کلسیم $CaCl_2$ (%)	سولفات پتاسیم K_2SO_4 (%)	وزن تر Fresh weight (g)	وزن‌خشک Dry weight (g)	کارتنوئید Cartenoid (mg.100 g^{-1} FW)	فنول کل Total phenol (mg galic acid.100 g^{-1} FW)
0	0	2.07^{d}	0.86^{d}	0.173^{f}	5.90^{e}
	0.1	2.92^{c}	1.04^{cd}	0.286^{e}	7.48^{d}
	0.3	3.81^{ab}	1.24^{bc}	0.306^{de}	8.03^{cd}
0.5	0	3.48^{bc}	1.28^{b}	0.393^{bc}	8.49^{bcd}
	0.1	3.42^{bc}	1.24^{bc}	0.443^{ab}	9.12^{b}
	0.3	4.34^{a}	1.60^{a}	0.493^{a}	10.99^{a}
1	0	2.88^{cd}	0.98^{d}	0.376^{c}	8.26^{bcd}
	0.1	3.90^{ab}	1.36^{b}	0.353^{cd}	8.62^{bc}
	0.3	3.24^{bc}	1.20^{bc}	0.403^{bc}	8.50^{bcd}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

In each column means with the same letter are not significantly different at 5% of probability level based on LSD.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش تأثیر محلول‌پاشی کلرید کلسیم و سولفات پتاسیم در دو باغ مورد مطالعه نشان داد که تیمارهای کودی بر اکثر صفات به‌صورت ساده یا ترکیبی اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند و باعث بهبود صفات مورد اندازه‌گیری شدند به‌طوری‌که بیشترین خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی میوه از محلول‌پاشی سطح ۰/۵ درصد کلرید کلسیم و ۰/۳ درصد سولفات پتاسیم به‌دست آمد. بنابراین، با توجه به یافته‌های این پژوهش، به‌نظر می‌رسد که استفاده از کلرید کلسیم (۰/۵ درصد) و سولفات پتاسیم (۰/۳ درصد) می‌توانند برای بهبود بخشیدن به صفات کمی و کیفی عناب مد نظر قرار گیرد. ولی برای تائید نتایج این آزمایش یکساله، نیاز به تحقیقات تکمیلی و دوساله می‌باشد. همچنین با توجه محدودیت اندازه‌گیری صفات در این آزمایش، توصیه می‌گردد که صفاتی نظیر عملکرد، ویتامین ث، آنتی اکسیدان و آنتوسیانین اندازه‌گیری شود.

منابع

1. Abdel-Hafeez, A.A., Mohamed, A.I., & Taha, N.M. (2010). Effect of some sources potassium and calcium as a foliar spray on fruit quality and storability of ″Kelsey″ plums. *Egyptian Journal of Horticulture*, *37*(2), 151-168.
2. Al-Yousif, A.A., & Al-Masudey, M.Z. (2007). Effect of calcium on *Ziziphus jujube* sp. fruit growth and their resistance to jujube fruit Fly (*Carpomyia incompleta*). *Journal of Kerbela University*, *5*(4), 106-113.
3. Anttonen, M., Kalle, I., Hoppul, A., Rolf, N., Mighel, J., Verheul, L., & Reijoo, K. (2006). Influence of fertilization, mulch color, early forcing, fruit order, planting dates, shading, growing environment and genotype on the content of selected phenolics in strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *54*(7), 2614-2620. https://doi.org/10.1021/jf052947w
4. Ashoori, M., Lolaei, A., Zamani, S., Ahmadian, E., & Mobasheri, S. (2013). Optimizing quality and quantity parameters of apple cv. Red Delicious‘ by adjustment of calcium and nitrogen. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, *5*(8), 868-874.
5. Azadi Bougar, Sh., & Gharaghani, A. (2017). Effect of calcium and boron spray application on fruit’s quantitative and qualitative characteristics of ‘Golab-e Kohanz’ apple. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *47*(4), 811-822. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijhs.2017.133069.844
6. Azam Ali, S., Bonkoungou, E., Bowe, C., DeKock, C., Godara, A., & Williams, J.T. (2006). *Fruits for the Future 2: Ber and other jujubes*. International Centre for Under utilised Crops, Southampton, UK: University of Southampton.
7. Barry, G.H., & Le Roux, S. (2010). Preharvest foliar sprays of prohexadione–calcium, a gibberellin-biosynthesis inhibitor, induce chlorophyll degradation and carotenoid synthesis in citrus rinds. *Hort Science*, *45*(2), 242-247. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.2.242
8. Barry, G.H., & Van Wyk, A.A. (2004). Novel approaches to rind colour enhancement of citrus. *International Society of Citriculture*, *3*, 1076-1079.
9. Bravdo, B.A., Possingham, J.V., & Neilen, G.H. (2000). Effect of mineral and salinity on grape production and wine quality. *Acta Horticulturae*, *512*, 23-30. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.512.2
10. Bravdo, B.A., Possingham, J.V., & Neilen, G.H. (2000). Effect of mineral and salinity on grape production and wine quality. *Acta Horticulturae*, *512*, 23-30. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.512.2
11. Calvert, V.D., & Smith, C.R. (1972). Correction of potassium deficiency of citrus with KNO_3 sprays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *20*(3), 659-661. https://doi.org/10.1021/jf60181a007
12. Chapagain, B.P., Wiesman, Z., Zaccai, M., Imas, P., & Magen, H. (2003). Potassium chloride enhances fruit appearance and improves quality of fertigated greenhouse tomato as compared to potassium nitrate. *Journal of Plant Nutrition*, *26*, 643-658. https://doi.org/10.1081/PLN-120017671
13. Chuah, A.M., Lee, Y.C., Amaguchi, Y., Takamura, H., Yin, L.J., & Matoba, T. (2008). Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. *Food Chemistry*, *111*(1), 20-28. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.022.
14. Delgado, R., Gonzalez, M., & Martin, P. (2006). Interaction effects of nitrogen and potassium fertilization on anthocyanin composition and chromatic features of ‘Temprannillo’ grapes. *International Journal of Vine and Wine Science*, *40*, 141-150. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2006.40.3.870
15. Doleh, L., Hassanpour Asil, M., & Abdolahi, H. (2010). Effective parameters in determination of commercial fruit maturity of different pear (*Pyrus communis* L.) Cultivars. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *41*(2), 189-196. (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.2008482.1389.41.2.10.6
16. Ebrahimi, M., Pouyan, M., Ghous, K., Shahi, T., Hosseini, S., & Ragh Ara, H. (2022). *Comparison of the efficiency of preferred grafting methods in jujube (Ziziphus jujuba Mill.) genotypes*. The First National Conference on Production and Postharvest Technology of Horticultural Plants (PPTHP 2022), May 25-26, University of

Birjand, Iran. (In Persian with English abstract)

17. Fallahi, E., Conway, W.S, Hickey, K.D., & Sams, C.E. (1997). The role of calcium and nitrogen in post harvest quality and disease resistance of apples. *Hort Science*, *32*, 831-835. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.32.5.831
18. Fernandez, V., Sotiropoulos, T., & Brown, P.H. (2013). *Foliar fertilization: scientific principles and field practices.* International Fertilizer Industry Association (IFA), France. p 140.
19. Gaaliche, B., Ladhari, A., Zarrelli, A., & Mimoun, M.B. (2019). Impact of foliar potassium fertilization on biochemical composition and antioxidant activity of fig (*Ficus carica* L.). *Scientia Horticulturae*, *253*, 111-119. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.024
20. Ghesmati, M., Moradinezhad, F., & Khayyat, M. (2017). Effects of foliar application of calcium nitrate and calcium chloride on antioxidant properties and quality of *Ziziphus jujuba* Mill. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *3*(5), 871-881. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2017.111043.2059.
21. Ghesmati, M., Moradinezhad, F., & Khayyat, M. (2018). Efficacy of some calcium salts foliar spray on growth and biochemical parameters of jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.). *Journal of Plant Productions (Scientific Journal of Agriculture)*, *41*(3), 25-37. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22055/ppd.2017.21173.1447.
22. Ghous, K., Pouyan, M., Ebrahimi, M., Hosseini, S., & Shahi, T. (2019). *Jujube, from Planting to Processing*.Tehran: Fekrebekr Publication. (In Persian)
23. Hafez, O.M., & EL-Metwally, I.M. (2007). Efficiency of zinc and potassium sprays alone or in combination with some weed control treatments on weeds growth, yield and fruit quality of washington navel orange orchads. *Journal of Applied Sciences Research*, *3*(7), 613-621.
24. Hassan, H.S.A., Sarrwy, S.M.A., & Mostafa, E.A.M. (2010). Effect of foliar spraying with liquid organic fertilizer, some micronutrients, and gibberellins on leaf mineral content, fruit set, yield, and fruit quality of “Hollywood” plum trees. *Agriculture and Biology Journal of North America*, *1*(4), 638-643.
25. Hegazi, E.S., Mohamed, S.M., EL-Sonbaty, M.R., Abd El-Naby, S.K.M., & El-Sharony, T.F. (2011). Effect of potassium nitrate on vegetative growth, nutritional status, yield and fruit quality of olive cv. Picual. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, *3*(3), 252-258.
26. Inglese, P., Barone, P., & Gullo, G. (1995). The effect of complementary irrigation on fruit growth, ripening pattern and oil characteristics of olive (*Olea europaea* L.) cv. Carolea. *Journal of Horticultural Science*, *71*, 257-263. https://doi.org/10.1080/14620316.1996.11515404
27. Jifon, G.E., & Lester, J.L. (2007). Effects of foliar potassium fertilization on muskmelon fruit quality and yield. *Annual Report for TX-52F*, 1-5.
28. Kadir, S.A. (2005). Fruit quality at harvest of Jonathan apple treated with foliarly applied calcium chloride. *Journal of Plant Nutrition*, *27*, 1991-2006. https://doi.org/10.1081/PLN-200030102
29. Kazemi, M. (2014). Effect of foliar application of humic acid and calcium chloride on tomato growth. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, *3*(3), 41-46.
30. Khalili, H., & Naseri, L.A. (2015). *Effect of foliar application of calcium chloride and gibberellic acid before harvesting and immersion after calcium harvesting on shelf life and quality properties of red gold nectarine fruit*. The third international research conference on applied research in agricultural sciences (30 February 2014), The University of Applied Science and Technology. (pp. 33-39) (In Persian)
31. Khoshghalb, H., Arzani, K., Malakouti, M.J., & Barzegar, M. (2013). Effect of Ca, Zn and B spray application on preharvest fruit drop, sugar and nutrient contents and on some quantitative and qualitative fruit characterestics in some asian pear (*Pyrus serotina* Rehd.) cultivars. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *44*(2), 149-159. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijhs.2013.35048
32. Khosravi Meshizi, M., & Sarcheshmehpour, M. (2015). Effect of calcium and potassium foliar application on plant growth, yield and post-harvest characteristics of two melon cultivars (*Cucumis melon* L.). *Journal of Crop Production and Processing*, *5*(17), 295-310. (In Persian). https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.5.17.295
33. Lalonde, S., Tegeder, M., Throne-Holst, M., Frommer, W.B., & Patrick, J.W. (2003). Phloem loading and unloading of sugars and amino acids. *Plant, Cell and Environment*, *26*(1), 37-56. https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.00847.x
34. Lester., G.E., Jifon, J.L., & Makus, D.J. (2010). Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: melon (*Cucumis melo* L.) case study. *Plant and Soil*, *335*, 117-131. https://doi.org/10.1007/s11104-009-0227-3
35. Li, J., Fan, L.P., Ding, S.D., & Ding, X. (2007). Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube. *Food Chemistry*, *103*(2), 454-460. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.016
36. Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, *148*, 350-382. https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1
37. Liu, M. (2010). Chinese Jujube: Botany and Horticulture. *Horticultural Reviews*, *32*, 229–299. https://doi.org/10.1002/9780470767986.ch5
38. Liu, M., & Wang, J. (2019). Fruit scientific research in new China in the past 70 years: Chinese jujube. *Journal of*

Fruit Science, *36*, 1369–1381.

39. Mao, Y.M., Shen, L.Y., Wei, W., Wang, X.L., Hu, Y.L., Xu, S.S., & Mao, L.L. (2014). *Effects of foliar applications of boron and calcium on the fruit quality of 'Dongzao'* (*Zizyphus jujuba* Mill.), In XXIX International Horticultural Congress on Horticulture, Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): III *1116*, 105-108. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1116.18
40. Marschner, P. (2012). *Mineral nutrition of higher plants 3rd edition*. 3rd (ed). Academic Press, 651 p.
41. Mohammed, S., Singh, D., & Ahlawat, V.P. (1993). Growth, yield and quality of grapes as affected by pruning and basal application of potassium. *Journal of Horticultural Science and Technology*, *22*, 79-182.
42. Moor, U., Karp, K., Põldma, P., Asafova, L., & Starast, M. (2006). Post-harvest disorders and mineral composition of apple fruits as affected by pre-harvest calcium treatments. *Acta Agriculturae Scandinavica*, *56*(3), 179-185. https://doi.org/10.1080/09064710500303175
43. Moradinezhad, F., Hassanpour, S., & Sayyari, M.H. (2018). Influence of preharvest spray of calcium chlorideand salicylic acid on physicochemical and quality properties of fresh seedless barberry fruit. *Journal of Horticultural Science*, *32*(1), 61-74. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V32I1.60331
44. Morris, L.R., Sims, C.A., & Cawton, D.L. (1983). Effects of excessive potassium levels on pH, acidity and color of fresh and stored grape juice. *American Journal of Enology and Viticulture*, *34*, 35-39.
45. Nguyen, P.M., Kwee, E.M., & Niemeyer, E.D. (2010). Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concenteration of basil (*Ocimum basilicum* L.) Leaves. *Food Chemistry*, *123*, 1235- 1241. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.092
46. Nojavan, S. (2015). *The effect of foliar feeding with potassium sulfate and zinc sulfate on fruit quality and resistance to winter cold of red quince variety grape buds*. Master's Thesis in the Field of Horticultural Sciences. Faculty of Agriculture, Urmia University. (In Persian with English abstract)
47. Rajpal, S., Godara, N.R., & Ahlawat, V.P. (2002). Qualitative attributes affected by foliar spraying of nutrients and growth regulators in ber (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) cv. Umran. *Haryana Journal of Horticultural Sciences*, *31*(1/2), 23-25.
48. Ramazanian, A., Rahemi, M., & Vazifeshenas, M.R. (2009). Effects of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative character eristics of pome granate fruits. *Scientia Horticulturae*, *121*, 171-175. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.01.039
49. Restrepo-Diaz, H., Benlloch, M., Navarro, C., & Fernandez Escobar, R. (2008). Potassium fertilization of rainfed olive orchards. *Scientia Horticulturae*, *116*, 399-403. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.03.001
50. Rouhi, V., Nikbakht, A., & Hooshmand, S. (2015). Effect of sodium chloride concentrations and Its foliar application time on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruit (*Punica granatum* L.) cv. “Malas Saveh”. *Journal of Horticultural Science*, *29*(2), 158-167. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V0I0.26271
51. Salukha, D.K., Jadha, S.J., & Yu, M.H. (1974). Quality and nutritional composition of tomato fruits influenced by certain biochemical and physiological changes. *Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition*, *24*(1-2), 85-113. https://doi.org/10.1007/BF01092727
52. Sarikhani, H., Haghi, H., Ershadi, A., Esna-Ashari, M., & Pouya, M. (2014). Foliar application of potassium sulphate enhances the cold-hardiness of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *89*(2), 141-146. https://doi.org/10.1080/14620316.2014.11513060
53. Sharafzadeh, Sh., Khoushkhoy, M., & Javidnia, K. (2008). Effects of nutrients on growth and active substances of thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Journal of Gardener's Science and Techniques*, *9*(4), 261-274. (In Persian)
54. Sharma, R.R., Singh, D., & Pal, R.K. (2013). Synergistic influence of pre-harvest calcium sprays and postharvest hot water treatment on fruit firmness, decay, bitter pit incidence and postharvest quality of royal delicious apples (*Malus x domestica* Borkh). *American Journal of Plant Sciences*, *4*, 153-159. https://doi.org/10.4236/ajps.2013.41020
55. Singh, B. (2002). Effects of macro and micro nutrient spray on fruit yield and quality of grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Perlette. *Acta Horticulturae*, *594*, 197-202. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.594.21
56. Singh, D.P., Beloy, J., McInerney, J.K., & Day, L. (2012). Impact of boron, calcium and genetic factors on vitamin C, carotenoids, phenolic acids, anthocyanins and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*). *Food Chemistry*, *132*(3), 1161-1170. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.045
57. Soares, A.G., Trugo, L.C., Botrel, N., & Souza, L.F. (2005). Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comusus* L.) by preharvest soil application of potassium. *Postharvest Biology and Technology*, *35*, 201-207. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.07.005
58. Solhjo, S. (2015). *The Effect of foliar application of calcium chloride and potassium sources on improvement of color, quality characteristics and storage life of delicious apple fruit*. Master's thesis in the field of horticultural sciences. Faculty of Agriculture, Shiraz University. (In Persian with English abstract)
59. Souty, M., Reich, M., Breuils, L., Chambroy, Y., Jacquemin, G., & Audergon, J.M. (1995). Effects of postharvest calcium treatments on shelf-life and quality of apricot fruit. *Acta Horticulturae*, *384*, 619-623.

https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.384.97

60. Taha, R., Rania, A.T., Hassan, H.S.A., & Shaaban, E.A. (2014). Effect of different potassium fertilizer forms on yield, fruit quality and leaf mineral content of Zebda Mango trees. *Journal of Scientific Research*, *21*(1), 123-129. https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2014.21.01.21451
61. Tehranifar, A., & Mahmooditabar, S. (2009). Foliar application of potassium and boron during pomegranate (*Punica granatum*) fruit development can improve fruit quality. *Horticulture, Environment and Biotechnology*, *3*(50), 23-34.
62. Teixeira, A.F, Andrade, A.B., Ferrarese-Filho, O., & Ferrarese, L.L. (2006). Role of calcium on phenolic compounds and enzymes related to lignification in soybean (*Glycine max* L.) root growth. *Plant Growth Regulation*, *49*, 69-76. https://doi.org/10.1007/s10725-006-0013-7
63. Viccente, A.R., Costa, M.L., Martinez, G.A., Chaves, A.R., & Civello, P.M. (2005). Effect of heat treatment on cell wall degradation and softening in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *38*, 213-222. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.06.005
64. Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., & Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*, *14*(4), 7370-7390. https://doi.org/10.3390/ijms14047370
65. Wójcik, P., Skorupińska, A., & Filipczak, J. (2014). Impacts of preharvest fall sprays of calcium chloride at high rates on quality and ‘Conference’pear storability. *Scientia Horticulturae*, *168*, 51-57. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.01.017
66. Yousefi, S., Amiri, M.E., Mirabdulbaghi, M., & Habibi, F. (2015). Effects of $CaCl_2$ concentration and spraying time on quality, mineral composition and shelf life of apricot fruit cv. ‘jahangiri’. *Iranian Journal of Horticultural Sience and Technology*, *16*(1), 121-136. (In Persian)
67. Zangeneh, N., & Rasouli, M. (2017). Effect of potassium fertilizers and Humic acid on the Pigments and activity of antioxidants in grape 'Bidaneh Sefid'. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *48*(3), 701-714. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijhs.2017.229264.1202
68. Zeraatgar, H., Davarinejad, Gh.H., Moradynejad, F., & Abedi, B. (2018). Effect of salicylic acid and calcium nitrate spraying on qualitative properties and storability of fresh jujube fruit (*Ziziphus jujube* Mill.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *46*(1), 138-147. https://doi.org/10.15835/nbha46110743
69. Zivdar, Sh. (2015). *Investigating the effect of potassium sulfate foliar application on some physiological and biochemical indicators of olive (Olea europaea L.) in the weather conditions of Ahvaz*. Master's Thesis in the Field of Horticultural Sciences. Faculty of Agriculture, Shiraz University. (In Persian with English abstract)